نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۸۳-۷۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 1, Spring. 2020, p. 71-83

تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر حفاظت آب خاک، عملکرد و اجزای عملکرد گندم

محمد بنایان اول[1*]، کمال حاج محمدنیا قالی‌باف[2]، فاطمه یعقوبی[3]، زهرا رشیدی[4]، نیوشا ولایی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۰۷

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر میزان آب خاک، اجزای عملکرد و عملکرد گندم، آزمایشی مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی شامل شیوه متداول خاک‌ورزی و کاهش‌یافته به‌عنوان کرت‌های اصلی و سه مدیریت بقایای گیاهی شامل حفظ صفر، ۳۰ و ۶۰ درصد بقایای گوجه‌فرنگی به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اثر سیستم خاک‌ورزی بر میزان آب خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری در دو روز پس از آبیاری چهارم و عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری در دو روز پس از آبیاری پنجم، ششم و هفتم، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و بیولوژیک گندم معنی‌دار بود و بیشترین مقادیر این صفات از تیمار خاک‌ورزی کاهش‌یافته حاصل شد. اما اثر مدیریت بقایای گیاهی بر هیچ‌یک از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود. نتایج اثر متقابل نشان داد تنها میزان آب خاک در عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک به‌ترتیب دو روز پس از آبیاری چهارم و سوم، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه تحت تأثیر سیستم خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی قرار گرفتند. حداکثر میزان آب خاک (۲۲/۱۰٪ و ۱۷/۵۷٪ در عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک به‌ترتیب دو روز پس از آبیاری چهارم و سوم) و وزن هزار دانه (۳۸/۴۴ گرم) در سیستم خاک‌ورزی کاهش‌یافته و حفظ ۶۰ درصد بقایای گیاهی به‌دست آمد و تیمار خاک‌ورزی کاهش یافته و حفظ ۳۰ درصد بقایای گیاهی بیشترین تعداد دانه در سنبله (۶۱/۹۰) و عملکرد دانه (۷۱۲۰/۶۷ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد. با توجه به نتایج حاصله اعمال خاک‌ورزی کاهش یافته و حفظ ۳۰ درصد بقایای گوجه‌فرنگی جهت حصول به عملکرد بالاتر، مطلوب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: بقایای گوجه فرنگی، خاک‌ورزی حفاظتی، رطوبت خاک، شخم کاهشی

مقدمه

گندم *Triticum aestivum* مهم‌ترین گیاه زراعی دنیا است که به دلیل سازگار بودن با شرایط آب و هوایی مختلف، دامنه پراکندگی آن از سایر گونه‌ها بیشتر می‌باشد. این گیاه غذای اصلی اکثریت جمعیت جهان را به خود اختصاص داده و در بیش از ۲۵۰ میلیون هکتار در سراسر جهان کشت می‌شود (Royo *et al*., 2005). در ایران نیز گندم از نظر سطح زیر کشت و تولید، مهم‌ترین محصول به حساب می‌آید و افزایش عملکرد این محصول مورد توجه تولیدکنندگان قرار دارد (Emam, 2003).

خاک از مهم‌ترین ارکان تولید، امنیت غذایی، خودکفایی و اقتصاد ملی محسوب می‌شود (Friedrich *et al*., 2009). خاک مناطق نیمه‌خشک که اغلب اراضی زراعی ایران نیز در این نواحی قرار دارند از نظر میزان مواد آلی فقیر می‌باشند (Zarea, 2010). در چند دهه اخیر با ورود نهاده‌های برون مزرعه‌ای مانند ماشین‌آلات کشاورزی و کودهای شیمیایی آسیب‌های جدی به ساختار و کارکرد خاک اراضی زراعی وارد شده است (Kamkar and Mahdavi Damghani, 2009).

عملیات خاک‌ورزی در اکثر بوم‌نظام‌های زراعی کشور به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار و با حذف بقایای گیاهی انجام می‌شود. این عملیات که خاک‌ورزی متداول نامیده می‌شود نه تنها به انرژی زیادی نیاز دارد بلکه در دراز مدت منجر به تخریب خصوصیات فیزیکی خاک گردیده و آن را دچار فرسایش می‌کند (Frye *et al*., 2003; Helm, 2005; Moeini Rad *et al*., 2015). خاک‌ورزی متداول به دلیل عدم امکان مدیریت بقایای گیاهی در سطح خاک، شرایط محیطی مناسبی را برای حفظ رطوبت در خاک فراهم نمی‌سازد و با بر هم زدن و زیر و رو کردن زیاد خاک علاوه بر افزایش تبخیر و تشدید تلفات

۱- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استادیار، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۵- دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: banayan@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v18i1.78442

محتوی رطوبتی خاک، با تسریع اکسیداسیون ماده آلی، محتوی کربن آلی را کاهش داده که این امر افت خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را نیز به همراه دارد (Schillinger, 2005; Tripathi *et al*., 2007; Karlen *et al*., 2013).

خاک‌ورزی حفاظتی، نخستین گام در راستای مدیریت مطلوب خاک در کشاورزی پایدار می‌باشد (Hobs *et al*., 2006). خاک‌ورزی حفاظتی با حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک منجر به افزایش مواد آلی و میکروارگانیسم‌های خاک و بهبود چرخه عناصر غذایی به دلیل افزایش میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود. این امر کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، بهبود ساختار خاک، افزایش نفوذ آب به خاک، کاهش رواناب و فرسایش و بالاخره کنترل آفات به علت افزایش تنوع زیستی میکروارگانیسم‌های خاک، کاهش مصرف آفت‌کش‌ها و آلودگی محیطی را در پی دارد (Shaxson, 2006; Kamkar and Mahdavi Damghani, 2009; Jat *et al*., 2012). روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به‌منظور جلوگیری از تخریب و فرسایش روزافزون خاک‌های زراعی در حفاظت هرچه بیشتر از منابع طبیعی در جهان رو به گسترش است (Moeini Rad *et al*., 2015).

در آزمایشی که علیخانی و همکاران (Ali Khani *et al*., 2011) بر تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و مقادیر بقایای ذرت (*Zea mays* L.) بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گندم انجام دادند، بیان نمودند که خاک‌ورزی کاهش یافته با افزایش مقادیر بقایا به دلیل افزایش درصد کربن آلی و نیتروژن منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود. شریفی و همکاران (Sharifi *et al*., 2018) در بررسی تأثیر خاک‌ورزی حفاظتی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نشان دادند که کشت گیاهان پوششی خلر و منداب و اعمال روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی سبب بهبود عملکرد گندم گردید. گادر مایر و همکاران (Gadermaier *et al*., 2011) در مطالعه خود بیان داشتند که شرایط شخم کاهشی سبب افزایش عملکرد محصولات علوفه‌ای در مقایسه با شخم رایج می‌شود. ساماراجیو و همکاران (Samarajeewa *et al*., 2006) نشان دادند که سیستم‌های شخم حفاظتی تولید بیشتری را نسبت به شخم رایج داشتند و علت آن را بهبود کیفیت خاک و کارایی استفاده از آب بیان نمودند.

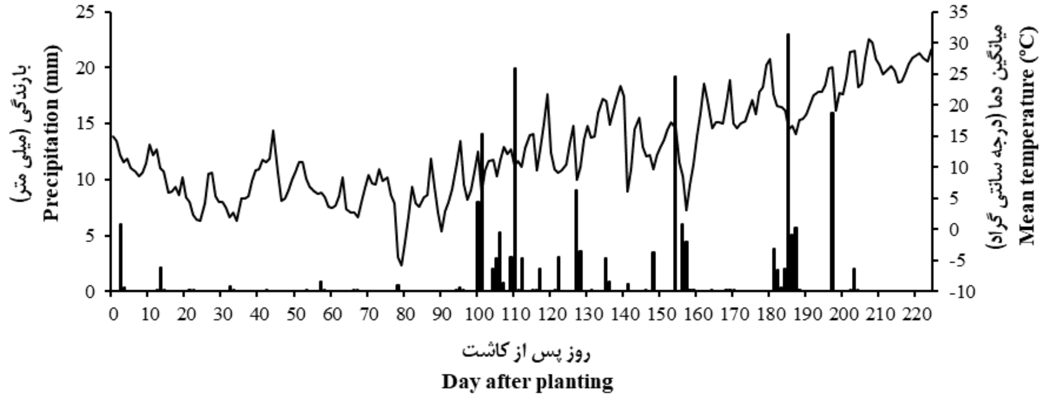
از آن‌جایی‌که خاک‌ورزی حفاظتی با حفظ و ذخیره رطوبت خاک تأثیر بسیار عمده‌ای در رشد گیاه و افزایش تولید دارد و با توجه به این‌که دستیابی به عملکرد بالقوه خاک‌های تحت کشت بدون تأمین مواد آلی کافی در خاک امکان‌پذیر نمی‌باشد، مطالعه کلیه روش‌هایی که بتواند مواد آلی خاک را افزایش دهد از اهمیت خاصی برخوردار است. با توجه به گستردگی روش‌های خاک‌ورزی و میزان بقایای مختلف در سطح زمین و محدود بودن منابع آب در مناطق خشک، لازم است سیستم خاک‌ورزی حفاظتی به دلیل مزایای فراوانی که نسبت به خاک‌ورزی متداول دارد در ایران نیز گسترش یابد و با خاک‌ورزی متداول مقایسه گردد. از این رو هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی متداول و خاک‌ورزی کاهش یافته و مدیریت بقایای گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) بر میزان نگهداشت آب خاک، عملکرد و اجزای عملکرد گندم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گوجه‌فرنگی بر میزان آب خاک، عملکرد و اجزای عملکرد گندم آزمایشی مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ درجه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. متوسط بارندگی سالانه ۲۸۶ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه در این منطقه به‌ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آب و هوای منطقه بر اساس روش آمبرژه سرد و خشک است. مشخصات هواشناسی محل آزمایش در طول فصل رشد گندم (آبان تا تیرماه) و در سال زراعی مورد مطالعه برای ایستگاه هواشناسی مشهد در شکل ۱ نشان داده شده است. میانگین دمای روزانه در طول فصل رشد گندم در دامنه بین ۵/۷۵- تا ۳۰/۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داشت و میزان بارندگی نیز در این سال زراعی ۱۸۵/۴۴ میلی‌متر بود.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی شامل شیوه متداول خاک‌ورزی (شخم، دیسک، تسطیح و کاشت با بذرکار) و خاک‌ورزی کاهش‌یافته (دیسک، تسطیح و کاشت با بذرکار) به‌عنوان کرت‌های اصلی و سه مدیریت بقایای گیاهی شامل بدون بقایا، حفظ ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. در تیمار مدیریت بقایا از هر یک از کرت‌های فرعی بقایا جمع‌آوری و توزین شدند، سپس متناسب با تیمار مورد نظر صفر، ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا به کرت‌ها اضافه شدند. میزان بقایا برای تیمار کاربرد ۶۰ درصد بقایا ۸۵۳۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار و برای تیمار کاربرد ۳۰ درصد بقایا ۴۲۶۵/۶۲ کیلوگرم در هکتار بود. قبل از انجام آزمایش به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، از عمق ۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی انجام و به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است. پس از اضافه شدن بقایا به کرت‌های مورد نظر، عملیات آماده‌سازی زمین برای کشت گندم صورت گرفت. در این راستا، ابتدا تیمارهای خاک‌ورزی اعمال شدند به‌صورتی که در تیمار خاک‌ورزی متداول بقایا به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط و سپس دیسک زده شد. اما در تیمار خاک‌ورزی کاهش‌یافته بقایا تنها

با استفاده از دیسک تا عمق ۱۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط شدند. سپس در هر دو تیمار خاک‌ورزی متداول و کاهش‌یافته عملیات تسطیح با لولر صورت گرفت. کشت گندم (رقم فلات) در ۲۰ آبان ماه ۱۳۹۶ بر اساس نقشه طرح، در کرت‌هایی با ابعاد ۴ در ۳۲ متر در عمق سه سانتی‌متری خاک انجام گرفت. برای این منظور از دستگاه خطی‌کار غلات مدل پارس با فاصله فارو ۵۰ سانتی‌متر و سه خط کاشت روی هر پشته استفاده شد. فاصله بین کرت‌ها یک متر و بین بلوک‌ها شش متر بود.



شکل ۱- بارندگی و میانگین دمای روزانه ایستگاه هواشناسی مشهد در طول فصل رشد گندم طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶

Figure 1- Daily precipitation and mean temperature of Mashhad meteorological station during the wheat growing season in 2017-2018

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 1- Physical and chemical particular of research station soil

عمق خاک Soil depth	کلاس بافت خاک Soil texture class	پتاسیم Potassium (ppm)	فسفر Phosphorus (ppm)	نیتروژن Nitrogen (٪)	ماده آلی (٪) Organic matter	هدایت الکتریکی عصاره اشباع EC (dS m^{-1})	اسیدیته pH
0-20	Silty loam	7.45	0.32	0.067	1.15	0.84	8.45
20-40	Silty loam	5.26	0.24	0.052	0.93	0.46	8.64

به‌منظور تأمین نیاز کودی گندم، کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو نوبت قبل از کاشت و در زمان طویل شدن ساقه‌ها به خاک اضافه شد. آبیاری به فاصله هر ۱۰ روز و به‌صورت جوی و پشته‌ای انجام شد. در کل با توجه به بارندگی‌های صورت گرفته در طی فصل رشد، هشت نوبت آبیاری انجام شد. میزان آب مصرفی به هر کرت به‌وسیله کنتور اندازه‌گیری شد، به‌طوری‌که در هر نوبت آبیاری تمامی کرت‌ها با میزانی یکسانی آبیاری شدند. همچنین از هیچ‌گونه علف‌کش و آفت‌کشی در طول دوره رشد گیاه استفاده نشد و وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی صورت گرفت.

محتوای آب خاک در دو عمق ۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری، دو روز بعد از هر آبیاری اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری آب خاک با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری رطوبت خاک[1] مدل PMS-714 و از سه نقطه از هر کرت به‌صورت تصادفی صورت گرفت. پس از مرحله رسیدگی برای ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ضمن رهاسازی خطوط حاشیه، شش مترمربع (سه کوادرات دو متر مربعی) از هر کرت به‌طور تصادفی برداشت گردید، سپس ارتفاع بوته، تعداد سنبله در متر مربع، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در زمان برداشت، فاصله سطح خاک تا نوک ریشک ۲۰ بوته در هر کوادرات به‌طور تصادفی اندازه‌گیری و سپس میانگین ارتفاع بوته در هر کرت محاسبه شد. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک در مرحله رسیدگی گیاه، کل بوته‌های موجود در سطح شش مترمربع برداشت و وزن گردید. جهت تعیین تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد کل سنبله‌های برداشت شده در سطح شش مربع مورد شمارش قرار گرفته و به تعداد سنبله در متر مربع تبدیل گردید. جهت تعیین طول سنبله و تعداد دانه در سنبله، به‌طور تصادفی ۲۰ سنبله را از کل سنبله‌های هر کوادرات جدا کرده و سپس طول سنبله‌ها اندازه‌گیری و میانگین طول سنبله در هر کرت محاسبه گردید. سپس تمام دانه‌های سنبله‌ها جدا و شمارش گردیدند و از تقسیم تعداد دانه بر تعداد سنبله، تعداد دانه در هر سنبله به‌دست آمد. وزن هزار دانه نیز پس از شمارش هزار دانه توسط دستگاه بذر شمار اندازه‌گیری شد.

1- Soil Moisture Meter

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار R و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

میزان آب خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سیستم خاک‌ورزی بر میزان آب خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر تنها در دو روز پس از چهارمین نوبت آبیاری معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۵$) (جدول ۲). به‌طوری‌که حداکثر میزان آب خاک در دو روز پس از چهارمین نوبت آبیاری در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر در سیستم خاک‌ورزی کاهش یافته ثبت شد و حدود ۲/۰۸ درصد بیشتر از خاک‌ورزی متداول بود (شکل ۲-الف). خاک‌ورزی کاهش‌یافته به دلیل کاهش زیر و رو کردن خاک باعث کاهش تبخیر و حفظ رطوبت بیشتر در خاک می‌گردد. اسکندری (Eskandari, 2004) در آزمایشی با بررسی میزان نگهداشت آب خاک در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داد که عدم خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی متداول باعث افزایش رطوبت حجمی خاک شد. سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر میزان آب خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر در دو روز پس از دیگر نوبت‌های آبیاری تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین اثر کاربرد بقایا بر میزان آب خاک در عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). احتمالاً مخلوط کردن بقایا با خاک سبب غیر معنی‌دار شدن اثر کاربرد بقایا شده است و شاید حفظ بقایا در سطح خاک بتواند نقش مثبتی بر حفظ آب خاک داشته باشد. اثر متقابل سیستم‌های خاک‌ورزی و میزان بقایا نیز بر میزان آب خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر تنها در دو روز پس از چهارمین نوبت آبیاری و در سطح احتمال پنج درصد ($p \leq ۰/۰۵$) معنی‌دار گردید (جدول ۲). حداکثر میزان آب خاک (۲۲/۱۰٪) در تیمار سیستم خاک‌ورزی کاهش‌یافته و حفظ ۶۰ درصد بقایا که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای خاک‌ورزی کاهش‌یافته و حفظ صفر و ۳۰ درصد بقایا نداشت. حداقل میزان آب خاک نیز (۱۸/۳۱٪) در سیستم خاک‌ورزی متداول و حفظ ۶۰ درصد بقایا به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سیستم خاک‌ورزی متداول و حفظ ۳۰ درصد بقایا و سیستم خاک‌ورزی متداول و عدم کاربرد بقایا نداشت (شکل ۳). در سیستم خاک‌ورزی متداول کاربرد ۶۰ درصد بقایا سبب تخلخل بیشتر خاک و نفوذپذیری بیشتر آب در خاک شد لذا میزان نگهداشت آب در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر از خاک کاهش یافت. اما در سیستم خاک‌ورزی کاهش یافته به دلیل کاهش زیر و رو کردن خاک و همچنین کاهش اختلاط بقایا با خاک و احتمالاً باقی‌ماندن بخشی از بقایا در سطح خاک، حفظ ۶۰ درصد بقایا توانست میزان نگهداشت آب خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر خاک را افزایش دهد. سینگ و هایلی نیز (Singh and Haily, 2007) در آزمایش خود نشان دادند که خاک‌ورزی حداقل منجر به افزایش میزان رطوبت خاک شد.

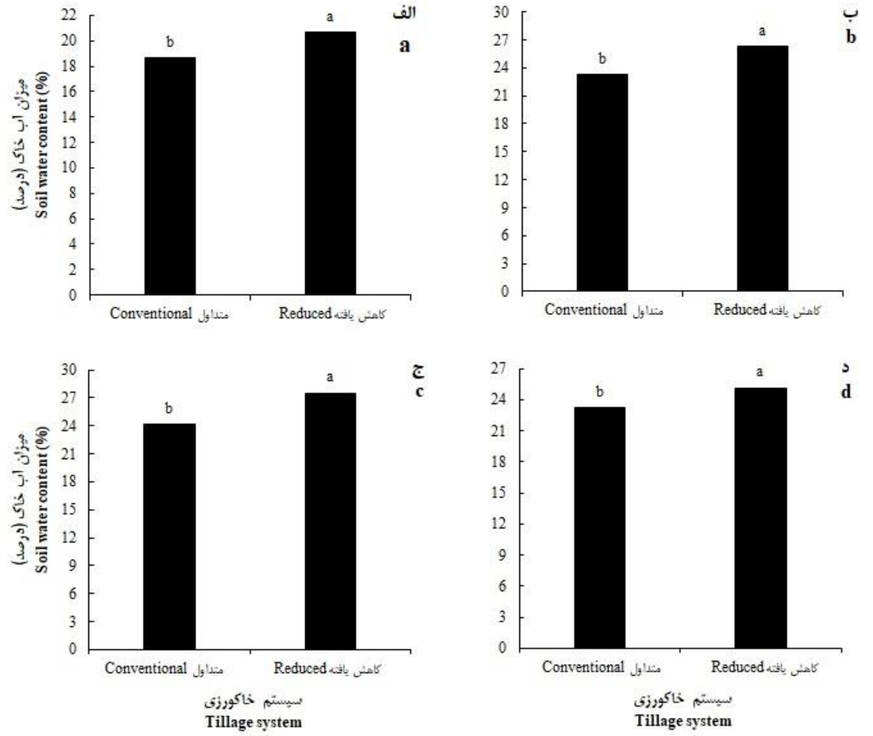
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سیستم خاک‌ورزی و بقایای گوجه‌فرنگی بر میزان آب خاک در دو روز پس از آبیاری

Table 2- Analysis of variance for effects of tillage system and tomato residue on soil water content two days after irrigation

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of Squares															
		میزان آب خاک در عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک دو روز پس از آبیاری Soil water content in 0-20 cm depth two days after irrigation								میزان آب خاک در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری خاک دو روز پس از آبیاری Soil water content in 20-40 cm depth two days after irrigation							
		اول First	دوم Second	سوم Third	چهارم Fourth	پنجم Fifth	ششم Sixth	هفتم Seventh	هشتم Eighth	اول First	دوم Second	سوم Third	چهارم Fourth	پنجم Fifth	ششم Sixth	هفتم Seventh	هشتم Eighth
تکرار Replication	2	6.52ns	10.39ns	3.32*	16.57**	7.43ns	6.18**	0.60ns	3.08ns	7.15ns	1.91ns	1.39ns	50.37ns	9.52ns	60.47**	4.02ns	3.68ns
سیستم خاک‌ورزی Tillage system	1	18.24ns	2.25ns	0.12ns	8.71*	0.20ns	0.64ns	1.50ns	0.18ns	0.85ns	3.57ns	1.71ns	0.87ns	43.24*	50.33*	16.63*	3.12ns
خطای a Error a	2	12.25	3.98	0.96	0.73	0.81	1.27	3.16	1.13	12.87	12.94	0.48	21.77	2.74	15.87	4.90	0.43
بقایای گیاهی Residue	2	0.30ns	4.03ns	2.10ns	2.04ns	1.22ns	0.08ns	3.60ns	4.95ns	4.46ns	0.46ns	0.35ns	14.90ns	2.80ns	3.39ns	0.68ns	2.51ns
سیستم خاک‌ورزی × بقایای گیاهی Tillage system× Residue	2	4.65ns	12.82ns	0.09ns	4.51*	0.87ns	0.27ns	5.02ns	6.46ns	4.61ns	0.65ns	3.32**	13.06ns	8.06ns	5.10ns	1.56ns	2.74ns
خطای b Error b	8	7.91	4.48	0.68	1.01	3.59	0.58	3.59	1.07	1.57	0.694	0.32	19.60	6.87	4.96	2.68	1.61
ضریب تغییرات CV (%)	—	28.9	14.4	5.2	5.1	8.6	3.3	8.7	4.8	11.4	5.5	3.7	22.1	10.6	8.6	6.8	5.6

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns غیر معنی‌دار

*, ** are significant at 5 and 1% probability levels, ns: Non-significant

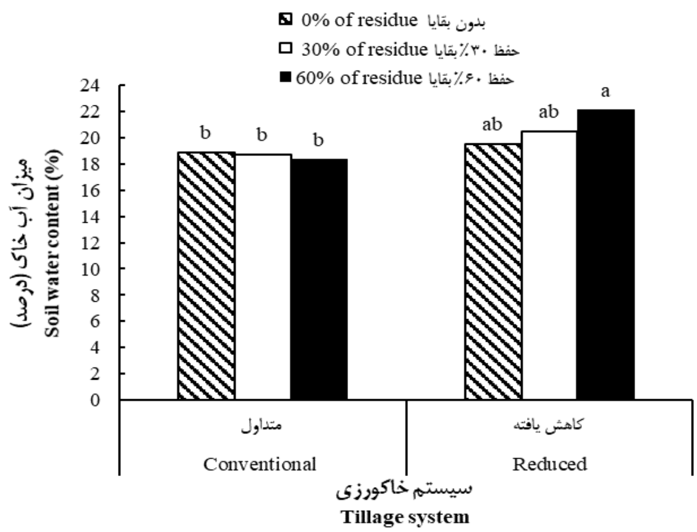


شکل ۲- اثر سیستم خاک‌ورزی بر میزان آب خاک: الف) در عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری دو روز پس از آبیاری چهارم، ب) در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری دو روز پس از آبیاری پنجم، ج) آبیاری ششم و د) آبیاری هفتم

Figure 2- Effect of tillage system on soil water content: a) in 0-20 cm depth two days after 4th irrigation, b) in 20-40 cm depth two days after 5th irrigation, c) 6th irrigation and d) and 7th irrigation

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letter(S) are not significantly different at 5% probability level using Duncan’s Multiple Range Test.



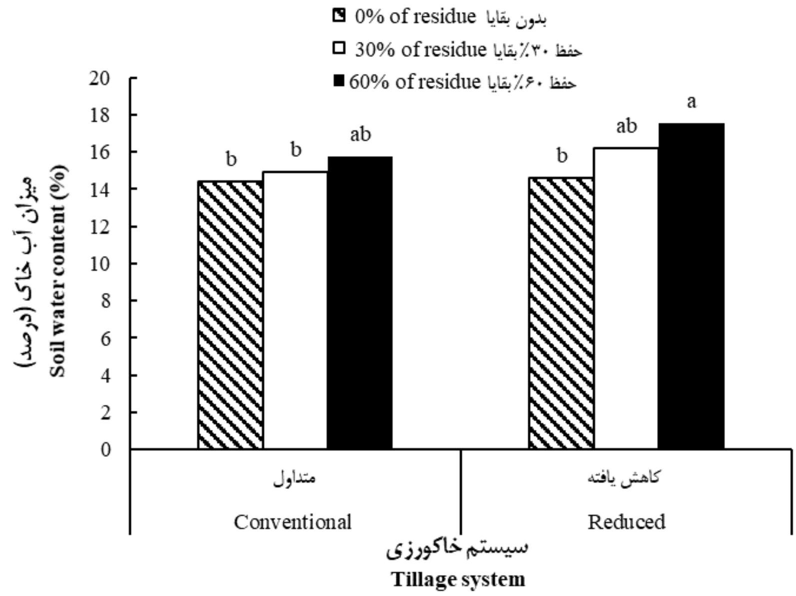
شکل ۳- اثر متقابل سیستم خاک‌ورزی و بقایای گوجه‌فرنگی بر میزان آب خاک در عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک دو روز پس از چهارمین آبیاری

Figure 3- Interaction effect between tillage system and tomato residue on soil water content in 0-20 cm depth two days after 4th irrigation

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letter(S) are not significantly different at 5% probability level using Duncan’s Multiple Range Test.

سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) بر میزان آب خاک در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متر در دو روز پس از پنجمین، ششمین و هفتمین نوبت آبیاری داشت (جدول ۲). مقایسات میانگین در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داد که میزان آب خاک در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری در سیستم خاک‌ورزی کاهش‌یافته در مقایسه با خاک‌ورزی متداول بیشتر بود (شکل ۲-ب، ج و د). خاک‌ورزی از طریق تأثیر بر شرایط سطحی و زیر سطحی خاک، وضعیت آب خاک را متأثر می‌نماید. نتایج تحقیقات فراهانی و همکاران (Farahani *et al*., 1998) نیز نشان داد میزان حفظ رطوبت در سیستم‌های بدون شخم و شخم حداقل نسبت به شخم متداول بیشتر بود. تأثیر کاربرد بقایا بر میزان آب خاک در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متر غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر متقابل سیستم‌های خاک‌ورزی و کاربرد بقایا بر میزان آب خاک در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متر خاک تنها در دو روز پس از سومین نوبت آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۱$) گردید (جدول ۲). به‌طوری‌که حداکثر و حداقل میزان آب خاک به‌ترتیب به سیستم خاک‌ورزی کاهش یافته و حفظ ۶۰ درصد بقایا (۱۷/۵۷٪) و سیستم خاک‌ورزی متداول و بدون بقایا (۱۴/۴۴٪) اختصاص داشت (شکل ۴). کاربرد ۶۰ درصد بقایا سبب تخلخل و نفوذپذیری بیشتر آب در اعماق بالای خاک شد لذا محتوای آب خاک در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر در این تیمار نسبت به سایر تیمارهای بقایا در هر دو سیستم خاک‌ورزی بیشتر بود. با این وجود میزان آب خاک در سیستم خاک‌ورزی کاهش یافته و حفظ ۶۰ درصد بقایا اختلاف معنی‌داری با ۳۰ حفظ درصد بقایا نداشت و همچنین در سیستم خاک‌ورزی متداول بین سطوح مختلف کاربرد بقایا اختلاف معنی‌داری وجود داشت (شکل ۴). احتمالاً کاربرد بقایا در سیستم خاک‌ورزی متداول به میزانی نبوده است که بتواند تأثیر معنی‌داری بر میزان نگهداشت آب خاک در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متر خاک داشته باشد. مالهی و همکاران (Malhi *et al*., 2006) در تحقیقات خود نشان دادند که بدون خاک‌ورزی و کاربرد بقایا، منجر به بهبود ظرفیت خاک برای ذخیره آب می‌گردد.



شکل ٤- اثر متقابل سیستم خاک‌ورزی و بقایای گوجه فرنگی بر میزان آب خاک در عمق ۲۰ تا ٤۰ سانتی‌متری خاک دو روز پس از سومین آبیاری

Figure 4- Interaction effect between tillage system and tomato residue on soil water content in 20-40 cm depth two days after 3th irrigation

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letter(S) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی، کاربرد بقایا و اثر متقابل آن‌ها بر ارتفاع بوته گندم بود (جدول ۳). در مطالعه‌ای در ارتباط با تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و تنش آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نیز سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته گندم نداشت (Zarei *et al*., 2015). سلامی و همکاران (Salami *et al*., 2017) نیز نشان دادند که اثر تیمارهای خاک‌ورزی، مدیریت بقایای گیاهی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) و اثر متقابل آن‌ها بر ارتفاع بوته گندم معنی‌دار نبود.

تعداد سنبله در متر مربع

اثر سیستم‌های خاک‌ورزی بر تعداد سنبله در متر مربع معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۵$) اما اثرکاربرد بقایا و اثر متقابل خاک‌ورزی و کاربرد بقایا بر تعداد سنبله در متر مربع غیر معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر سیستم خاک‌ورزی و بقایای گوجه‌فرنگی بر اجزای عملکرد و عملکرد گندم

Table 3- Analysis of variance for effects of tillage system and tomato residue on yield components and yield of wheat

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares							
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در متر مربع Spike no. per m^2	طول سنبله Spike length	تعداد دانه در سنبله Grain no. per spike	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	14.06 ^{ns}	2387.65 ^{ns}	0.05 ^{ns}	15.64 ^{ns}	19.57 ^{ns}	1284039.34 ^{ns}	3597222.22 ^{ns}	6.21^{ns}
سیستم خاک‌ورزی Tillage system	1	2.72 ^{ns}	39.51 *	0.15 ^{ns}	367.66*	17.31 ^{ns}	11472795.12*	24890432.10*	86.61^{ns}
خطای a Error a	2	20.16	328.39	0.05	36.25	7.15	3726159.36	955246.91	131.96
بقایای گیاهی Residue	2	14.62 ^{ns}	12622.84 ^{ns}	0.29 ^{ns}	16.20 ^{ns}	45.98 ^{ns}	808953.097^{ns}	11032407.41^{ns}	33.26^{ns}
سیستم خاک‌ورزی × بقایای گیاهی Tillage system × Residue	2	16.34 ^{ns}	4611.72 ^{ns}	2.95^{ns}	64.01*	20.37*	5653414.65*	12149691.35^{ns}	76.59^{ns}
خطای b Error b	8	17.61	2641.35	0.38	79.90	6.90	1914798.17	2310702.50	48.63
ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)	-	5.6	15.0	6.8	17.2	7.6	25.3	15.7	17.3

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns غیر معنی‌دار

**,* are significant at 5 and 1% probability levels, ns: Non-significant

بیشترین تعداد سنبله در متر مربع در سیستم خاک‌ورزی کاهش یافته به‌دست آمد که ۴/۲ درصد بیشتر از سیستم خاک‌ورزی متداول بود (جدول ۴). نتایج تحقیقات ریگر و همکاران (Rieger *et al*., 2008) نشان داد که در تیمار خاک‌ورزی کاهش‌یافته تعداد سنبله در متر مربع گندم بیشتر از تیمار بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول بود. در گیاه گندم تعداد سنبله در مترمربع به تراکم بوته و تعداد پنجه در بوته بستگی دارد (Singh *et al*., 2004). در این آزمایش تعداد سنبله در واحد سطح با کاهش عملیات خاک‌ورزی افزایش یافت که احتمالاً به دلیل بهتر شدن شرایط رشد برای بوته‌های گندم، دستیابی به رطوبت بیشتر و افزایش تعداد پنجه در بوته می‌باشد.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر سیستم خاک‌ورزی بر اجزای عملکرد و عملکرد گندم

Table 4- Mean comparison for effects of tillage system on yield components and yield of wheat

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد سنبله در متر مربع Spike no. m^{-2}	طول سنبله Spike length (cm)	تعداد دانه در سنبله Grain no. per spike	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 grain weight (g)	عملکرد دانه grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)
شخم متداول Conventional tillage	75.65 a	340.37 b	8.95 a	47.41 b	33.62 a	4666.07 b	12237.27 b	38.13 a
شخم کاهشی Minimum tillage	74.88 a	354.66 a	9.13 a	56.31 a	35.58 a	6262.78 a	14729.02 a	42.52 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(S) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

طول سنبله

آزمون تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن اثرات سیستم‌های خاک‌ورزی و کاربرد بقایا و اثر متقابل آن‌ها بر طول سنبله بود (جدول ۳). امینی و همکاران (Amini *et al*., 2015) در مطالعه‌ای در ارتباط با تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم به این نتیجه رسیدند که روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی تفاوت معنی‌داری بر طول سنبله گندم ایجاد نکردند. در مطالعه معینی راد و همکاران (Moeini Rad *et al*., 2015) نیز روش‌های مختلف خاک‌ورزی در سال اول تأثیر معنی‌داری بر طول سنبله گندم نداشت، اما در سال دوم بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید.

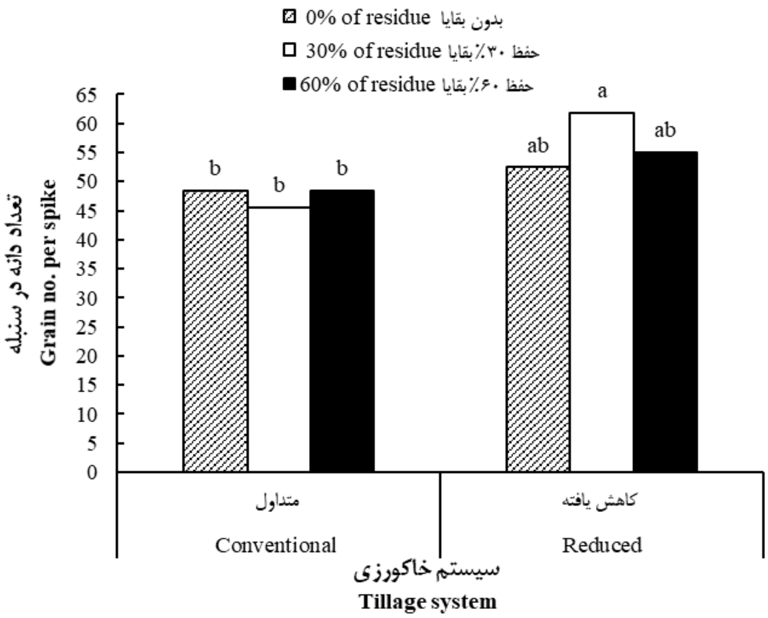
تعداد دانه در سنبله

سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی باعث بروز تفاوت معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) بر تعداد دانه در سنبله شد، اما اثر کاربرد بقایا بر تعداد دانه در سنبله غیر معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که تعداد دانه در سنبله در تیمار خاک‌ورزی کاهش‌یافته ۱۸/۸ درصد بیشتر از خاک‌ورزی متداول بود (جدول ۴). با این وجود محققان بسیاری اختلاف معنی‌داری بین خاک‌ورزی کاهش‌یافته و متداول از نظر این صفت به‌دست نیاوردند (Moeini Rad *et al*., 2015; Zarei *et al*., 2015; Salami *et al*., 2017; Sharifi *et al*., 2017). اثر متقابل خاک‌ورزی وکاربرد بقایا بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) بود (جدول ۳). به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله (۶۱/۹۰) مربوط به سیستم خاک‌ورزی کاهش‌یافته و کاربرد ۳۰ درصد بقایا بود که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای بدون بقایا و حفظ ۶۰ درصد بقایا در شخم کاهش‌یافته نداشت. کمترین تعداد دانه در سنبله (۴۵/۴۷) نیز مربوط به خاک‌ورزی متداول و حفظ ۳۰ درصد بقایا بود (شکل ۵).

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه گندم تحت تأثیر سیستم خاک‌ورزی قرار نگرفت (جدول ۳) که با نتایج ریگر و همکاران (Rieger *et al*., 2008) و زارعی و همکاران (Zarei *et al*., 2015) مطابقت داشت. وزن هزاردانه تنها جزئی از عملکرد است که در انتهای چرخه رشد و نموی گندم شکل گرفته و میزان آن تابعی از مهیایی محیط برای رشد و البته تابعی از اثرات جبرانی بین اجزای عملکرد است (Sharifi *et al*., 2018). لذا چنین به نظر می‌رسد که نزدیک بودن وزن هزار دانه گندم در سیستم خاک‌ورزی متداول به کاهش‌یافته را بتوان به اثر جبرانی بین اجزای عملکرد و پیامد کاهش تعداد دانه در سنبله نسبت داد. اثر اصلی کاربرد بقایا بر وزن هزار دانه غیر معنی‌دار بود اما اثر متقابل آن با سیستم خاک‌ورزی بر این صفت معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) شد (جدول ۳). به‌طوری‌که تیمار خاک‌ورزی کاهش‌یافته و حفظ ۶۰ درصد بقایا بیشترین (۳۸/۴۴ گرم) و تیمار خاک‌ورزی متداول و بدون بقایا کمترین وزن هزار دانه گندم (۳۰/۹۱ گرم) را به خود اختصاص دادند

(شکل ۶). سلامی و همکاران (Salami *et al*., 2017) نیز با بررسی تأثیر انواع روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی چغندر بر عمکرد و اجزای عملکرد گندم به این نتیجه رسیدند که بیشترین و کمترین وزن دانه به‌ترتیب مربوط به تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و متداول بود. با این وجود بحرانی و همکاران (Bohrani, 1996) نشان دادند وزن هزار دانه ذرت تحت تأثیر تیمارهای مدیریت بقایا و سامانه‌های خاک‌ورزی قرار نمی‌گیرد، زیرا وزن هزار دانه ویژگی ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی قرار می‌گیرد.

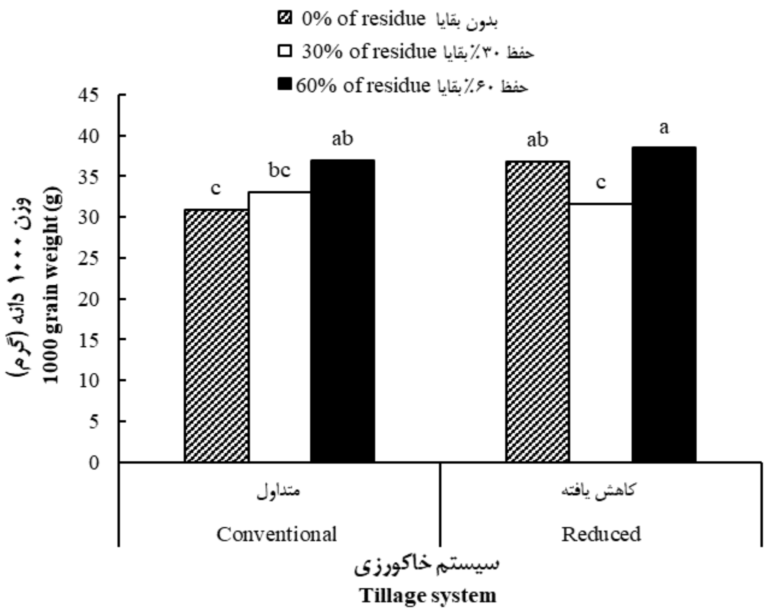


شکل ۵- اثر متقابل سیستم خاک‌ورزی و بقایای گوجه‌فرنگی بر تعداد دانه در سنبله

Figure 5- Interaction effect between tillage system and tomato residue on grain number per spike

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letter(S) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.



شکل ٦- اثر متقابل سیستم خاک‌ورزی و بقایای گوجه‌فرنگی بر وزن هزار دانه

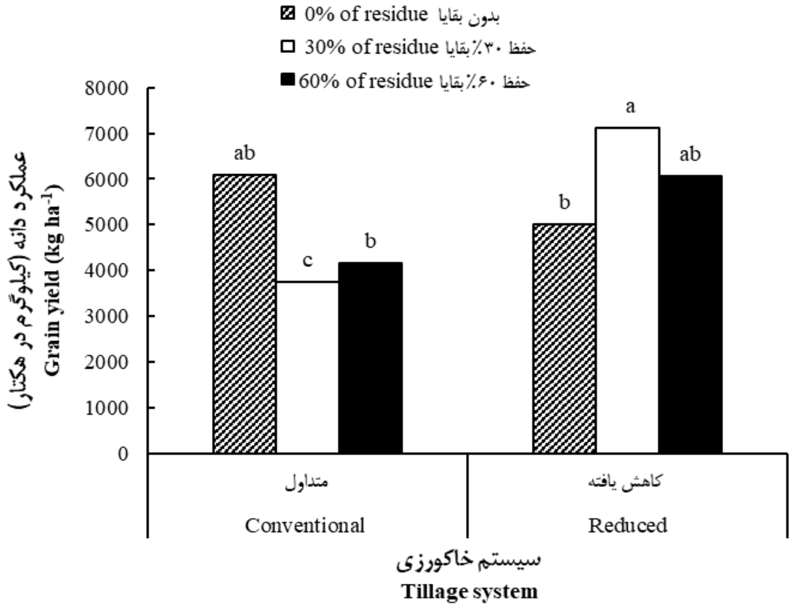
Figure 6- Interaction effect between tillage system and tomato residue on 1000 grain weight

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letter(S) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

عملکرد دانه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده، اثر بقایای گیاهی بر عملکرد دانه غیر معنی‌دار بود، اما اثر سیستم خاک‌ورزی و اثر متقابل آن با کاربرد بقایای گیاهی بر عملکرد دانه گندم معنی‌دار (p ≤ ۰/۰۵) بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر اصلی خاک‌ورزی نشان داد که عملکرد دانه در سیستم خاک‌ورزی کاهش یافته (۶۲۶۲/۷۸ کیلوگرم در هکتار) ۳۴/۲۲ درصد بیشتر از عملکرد دانه در سیستم خاک‌ورزی متداول (۴۶۶۶/۰۷ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۴). بالاتر بودن اجزای عملکرد دانه در این تیمار تأییدکننده این امر می‌باشد، زیرا تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در سیستم خاک‌ورزی کاهش‌یافته بیشتر از متداول بود (جدول ۴). این امر می‌تواند به علت افزایش مواد غذایی خاک، بهبود وضعیت فیزیکی خاک و بهتر شدن وضعیت آب خاک باشد (Govaerts *et al*., 2009; Kaschuk *et al*., 2010; Jat *et al*., 2012). همت و اسکندری (Hemmat and Eskandari, 2006) نشان دادند عملکرد دانه به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر سیستم خاک‌ورزی قرار گرفت که آن را به تعداد سنبله در بوته و وزن دانه نسبت دادند. محققان دیگری نیز افزایش عملکرد در سیستم‌های خاک‌ورزی کاهش‌یافته نسبت به متداول را گزارش نمودند (Amini *et al*., 2014; Salami *et al*., 2017). نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد دانه گندم در سیستم خاک‌ورزی کاهش‌یافته و حفظ ۳۰ درصد بقایا (۷۱۲۰/۶۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن در سیستم خاک‌ورزی متداول و حفظ ۳۰ درصد بقایا (۳۷۴۸/۴۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (شکل ۷). با این وجود عملکرد دانه در تیمار سیستم خاک‌ورزی کاهش‌یافته و حفظ ۳۰ درصد بقایا با تیمار سیستم خاک‌ورزی کاهش‌یافته و حفظ ۶۰ درصد بقایا اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). همچنین نتایج حاکی از معنی‌دار نبودن اثر اصلی کاربرد بقایا بر عملکرد دانه بود (جدول ۳). این امر می‌تواند به علت کاهش فعالیت میکروبی، تجزیه ناکامل بقایای گیاهی و تثبیت عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و در نتیجه کاهش نیتروژن قابل دسترس باشد. به‌طوری‌که سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2004) گزارش نمودند که کاربرد بقایای گیاهی زیاد بدون کاربرد نیتروژن کافی باعث کاهش تولید گندم می‌شود. زارع فیض آبادی و نوری حسینی (Zarea Feizabadi and Nourihosseini, 2013) نیز بیان داشتند که عدم استفاده از مقدار مناسب کود نیتروژنه جهت تجزیه بقایای گیاهی موجب افزایش میزان کربن خاک و کاهش نیتروژن مورد نیاز می‌شود و در نهایت روی تولید تأثیر می‌گذارد.



شکل ۷- اثر متقابل سیستم خاک‌ورزی و بقایای گوجه‌فرنگی بر عملکرد دانه

Figure 7- Interaction effect between tillage system and tomato residue on grain yield

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letter(S) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

عملکرد بیولوژیک

سیستم خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک گندم داشت (p ≤ ۰/۰۵)، اما اثر کاربرد بقایا و اثر متقابل آن با سیستم خاک‌ورزی بر این صفت غیر معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمار خاک‌ورزی کاهش‌یافته بیشترین عملکرد بیولوژیک را با میزان ۱۴۷۲۹/۰۲ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد که نسبت به خاک‌ورزی

متداول ۲۰/۳۶ درصد بیشتر بود (جدول ۴). نتیجه حاضر با نتایج همتی و اسکندری (Hemmat and Eskandari, 2006) و کریگوی و همکاران (Kirigwi *et al*., 2004) مطابقت دارد. افزایش عملکرد بیولوژیک با کاهش خاک‌ورزی می‌تواند به علت افزایش عناصر قابل دسترس در نتیجه فعالیت بیشتر موجودات زنده خاک باشد. زیرا کاهش عملیات خاک‌ورزی صدمه کمتری به عوامل زنده خاک رساننده و میزان فعالیت آن‌ها را افزایش می‌دهد (Salami *et al*., 2017).

شاخص برداشت

اثر سیستم خاک‌ورزی و کاربرد بقایا و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۳) که با نتایج زابلستانی و همکاران (Zabolestani *et al*., 2008)، اسکندری و فیضی اصل (Eskandari and Feiziasl., 2017) و سلامی و همکاران (Salami *et al*., 2017) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد که سیستم خاک‌ورزی کاهش‌یافته سبب نگهداشت بیشتر رطوبت در خاک گردید اما تنها در برخی موارد این افزایش معنی‌دار بود چرا که حجم آب آبیاری برای تمامی تیمارها یکسان بوده و نمود این برتری در شرایط تنش بیشتر می‌باشد. سیستم خاک‌ورزی کاهش‌یافته با بهبود وضعیت رطوبتی برای گیاه موجب شرایط مناسب‌تر برای رشد گیاه شده و در نهایت توانست سبب بهبود اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک گندم گردد. همچنین نتایج حاکی از این بود که حفظ بقایای گیاهی گوجه‌فرنگی احتمالاً به دلیل تجزیه نشدن کامل بقایای گیاهی و تثبیت عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن نتوانست تأثیر معنی‌داری بر هیچ‌یک از صفات مورد مطالعه داشته باشد. با این وجود نتایج اثر متقابل آن با سیستم خاک‌ورزی نشان داد که کاربرد سیستم خاک‌ورزی کاهش یافته همراه با ۳۰ درصد بقایا توانست بیشترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص دهد. اما عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت تأثیر اثر متقابل عوامل مورد بررسی قرار نگرفتند چرا که ساختمان و ساختار خاک در مرحله گذر از خاک‌ورزی متداول به خاک‌ورزی کاهش‌یافته بهبود می‌یابد و از طرف دیگر در دراز مدت مقدار تجزیه ماده آلی با مقدار اضافه شدن آن به خاک به تعادل می‌رسد در نتیجه مزایای خاک‌ورزی حفاظتی در بلند مدت بیشتر نمود پیدا خواهد کرد. با توجه به نتایج به‌دست آمده جهت نیل به حداکثر عملکرد دانه و صدمه کمتر به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه مورد مطالعه اجرای خاک‌ورزی کاهش‌یافته و حفظ ۳۰ درصد بقایای گیاهی گوجه‌فرنگی مناسب به نظر می‌رسد. با این وجود با توجه به این‌که نتایج مطالعات خاک‌ورزی در دراز مدت نمود بیشتری دارند تکرار این آزمایش به‌منظور نتیجه‌گیری دقیق‌تر پیشنهاد می‌شود. به‌طور کلی با توجه به تغییرات اقلیمی و محدودیت منابع آبی در کشور روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مدیریت بقایا راهکاری مناسب برای حفظ منابع و پایداری تولید خواهد بود.

سپاسگزاری

هزینه‌های مورد نیاز جهت انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد ۲/۴۵۶۴۲ مورخ ۱۳۹۶/۱۰/۶ تأمین شده است که بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Amini, A., Rajaie, M., and Farsinezhad, K. 2014. Effects of different plant residue under different tillage practices on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Plant Ecophysiology 16: 27-37. (in Persian with English abstract).
2. Bohrani, M. J. 1996. Management of plant residue in irrigated cropping systems. Proceedings of 5th Conference of Agriculture and Plant Breeding, Karaj, Iran. (in Persian).
3. Emam, Y. 2003. Cereal Crops. Shiraz University, Iran. (in Persian).
4. Eskandari, I. 2004. Effects of different tillage and planting methods on soil moisture and seed yield of chickpea in dryland conditions. Seed and Plant 19 (4): 497-511. (in Persian with English abstract).
5. Eskandari, I., and Feiziasl, V. 2017. Influence of conservation tillage on some soil physical properties and crop yield in vetch-wheat rotation in dryland cold region. Journal of Agricultural Machinery 7 (2): 451-467. (in Persian with English abstract).
6. Friedrich, T., Kassam, A. H., and Shaxson, F. 2009. Conservation Agriculture. In: Agriculture for Developing Countries. Science and Technology Options Assessment (STOA) project. European Technology Assessment Group, Karlsruhe, Germany.
7. Frye, W. W., Blevins, R. L., and Smith, M. A. 2003. Cover crops in conservation tillage: benefits and liabilities. Agronomy Journal 22: 145-171.
8. Govaerts, B., Sayre, K. D., Goudeseune, B., De Corte, P., Lichter, K., Dendooven, L., and Deckers, J. 2009. Conservation agriculture as a sustainable option for the central Mexican highlands. Soil and Tillage Research 103: 222-230.

9. Helm V, 2005. Conservation tillage: corn, grain sorghum, and wheat in Dallas County, Texas. Soil and Tillage Research 23 (5): 356-366.
10. Hemmat, A. and Eskandari, I. 2006. Dryland winter wheat response to conservation tillage in a continuous cropping system in northwestern Iran. Soil and Tillage Research 86: 99-109.
11. Hobbs, P. R., Sayre, K., and Gupta, R. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 363: 543-555.
12. Jat, R. A., Wani, S. P., and Sahrawat, K. L. 2012. Conservation agriculture in the semi-arid tropics: prospects and problems. Advances in Agronomy 117: 191-237.
13. Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A., 2009. Principles of sustainable agriculture. Ferdowsi University Publication, Iran. (in Persian).
14. Karlen, D. L., Cambardella, C. A., Kovar, J. L., and Colvin, T. S. 2013. Soil quality response to long-term tillage and crop rotation practices. Soil and Tillage Research 133: 54-64.
15. Kaschuk, G., Alberton, O., and Hungria, M. 2010. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. Soil Biology and Biochemistry Journal 42: 1-13.
16. Kirigwi, F. M., Ginkel Van, M., Trethowan, R., Sears, R. G., Rajaram, S., and Aulsen, G. M. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica 135: 361-371.
17. Malhi, S. S., Lemke, R. L., Wang, Z., Farrell, R., and Chhabra, B. S. 2006. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield and nutrient uptake, soil quality and greenhouse gas emissions. Soil and Tillage Research 90: 171-183.
18. Moeini Rad, A., Yeganehpoor, F., and Pirdashti, H. 2015. Effects of different tillage methods on yield and yield components of N-80-9 wheat cultivar. Agroecology Journal 10 (4): 57-66. (in Persian with English abstract).
19. Rieger, S., Richner, W., Streit, B., Frossard, E., and Liedgens, M. 2008. Growth, yield and yield components of winter wheat and the effects of tillage intensity, preceding crops, and N fertilization. European Journal of Agronomy 28: 405-411.
20. Royo, C., Miloudi, M. M., Di Fonze, N., Arraus, J. L., Pfeiffer, W. H., and Slafer, G. A. 2005. Durum Wheat Breeding Current Approaches and Future Strategies. Food Product Press. New York, pp. 379-396.
21. Salami, M. R., Rezvani Moghaddam, P., Sharifi, H. R., Ghaemi, A. R., and Nassiri Mahallati, M. 2017. Different types of soil tillage and sugar beet (*Beta vulgaris*) residue management on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum*). Iranian Journal of Field Crops Research 15 (3): 663-675. (in Persian with English abstract).
22. Schillinger, W. F. 2005. Tillage method and sowing rate relations for dryland spring wheat, barley, and oat. Crop Science 45: 2636-2643.
23. Sharifi, H., Gazanchian, G. A., and Anahid, S. 2018. Effects of planting date and seed priming on partitioning coefficients, grain yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Iranian Journal of Seed Science and Technology 7 (1): 257-280. (in Persian with English abstract).
24. Singh, Y., Ladha, J. K., Khind, C. S., and Bueno, C. S. 2004. Effects of residue decomposition on productivity and soil fertility in rice- wheat rotation. Soil Science Society of America Journal 68: 854-864.
25. Singh, B. R., and Haile, M. 2007. Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen use efficiency of tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) and soil properties. Soil and Tillage Research 94: 55-63.
26. Tripathi, R. P., Sharma, P., and Singh, S. 2007. Influence of tillage and crop residue on soil physical properties and yields of rice and wheat under shallow water table conditions. Soil and Tillage Research 92: 221-227.
27. Zabolestani, A., Sedge, A. R., and Zamani, A. S. 2008. Effect of different tillage methods on grain yield and components of water wheat. Journal of new Agricultural Sciences 12: 39-48. (in Persian with English abstract).
28. Zarea, M. J. 2010. Conservation tillage and sustainable agriculture in semi-arid dryland farming. PP 195-238 in E. Lichtfouse ed. Biodiversity, Biofuels, Agroforestry and Conservation Agriculture. Springer Press.
29. Zarea Feizabadi, A., and Nourihosseini, M. 2013. Study on the variations of organic carbon and some nutrients in soil. Iranian Journal of Soil Research 27 (4): 629-643. (in Persian with English abstract).
30. Zarei, M., Kazemeini, S. A., and Bahrani, M. J. 2015. Effect of tillage systems and water stress on growth and yield of wheat. Iranian Journal of Field Crops Research 12 (4): 793-804. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 1, Spring. 2020, p. 71-83

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۸۳-۷۱

Effect of Tillage Systems and Residue Management on Soil Water Conservation, Yield and Yield Components of Wheat

M. Bannayan Aval[1*], K. Hajmohammadnia Ghalibaf[2], F. Yaghoubi[3], Z. Rashidi[4], N. Valaie[5]

Received: 10-01-2019
Accepted: 29-09-2019

Introduction

Soil is one of the most important components of production, food security, self-sufficiency and national economy. Soil of semi-arid regions, which most of Iran's agricultural lands are located in these areas, are poor in terms of organic matter. The soil tillage operations are carried out by means of moldboard plow and removal of plant residue in most of the agricultural systems. This operation, called conventional tillage, requires not only high energy but also damages to soil physical properties and erosion in the long-term. Conventional tillage does not provide good environmental conditions to maintain moisture in the soil due to the impossibility of managing plant residue in the soil surface. In addition this tillage increases the evaporation and losses of soil water content and reduces the soil organic carbon as a result conventional tillage reduces the physical, chemical and biological characteristics of the soil. The objective of this study was investigation of effect of conventional and reduced tillage systems and management of tomato residue on soil water content, yield and yield components of wheat.

Materials and Methods

The experiment was conducted as split plot based on randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, during growth season 2017-18. Tillage system (in two levels i.e. conventional and minimum tillage) and tomato residue retention (0, 30 and 60%) were in main plots and sub plots, respectively. The sowing date was 11th November in 2017.Sampling was done at harvest time and included plant height, spike number.m^{-2}, spike length, grain number per spike, 1000 grain weight, grain yield, biological yield and harvest index. During the growing season, soil water content in 0-20 and 20-40 cm depth was measured by the soil moisture meter (PMS-714 model) two days after irrigation. Data were analyzed with R software; obtained averages compared with Duncan’s multiple range test at the 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that the effect of tillage system was significant on soil water content in 0-20 cm depth two days after forth irrigation, soil water content in 20-40 cm two days after fifth, sixth and seventh irrigation, spike number.m^{-2}, grain number per spike, grain and biological yield. Maximum of this traits were obtained in reduced tillage due to increased soil nutrition, improved physical condition of the soil and soil water status. However, the effect of management of tomato residue on any of the studied traits was not significant. This could be due to reducing microbial activity, in complete decomposition of plant residues and reducing available nitrogen.

The interaction effect between tillage system and tomato residue was significant on soil water content in 0-20 and 20-40 cm depth two days after forth and third irrigation, respectively, grain number per spike, 1000 grain weight and grain yield. Reduced tillage and 60% of tomato residue showed that maximum of soil water content and 1000 grain weight (38.4 g).Maximum of grain number per spike (61.9) and grain yield (7120. 7 kg.ha^{-1}) were obtained in treatment of reduced tillage and 30% of tomato residue.

Conclusions

The results of this study indicate that in order to achieve maximum grain yield and less damage to the physical and chemical properties of soil, the implementation of reduced tillage and maintenance of 30% of tomato residue is recommended in the studied area. In general, due to climate change and water resource constraints in the country, conservation tillage and residue management practices are a good way to maintain resources and sustainability.

Keywords: Conservation tillage, Minimum tillage, Soil moisture, Tomato residue

1- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2- Assistant Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- PhD. student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
4- PhD. student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
5- PhD. student of Weed Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: banayan@um.ac.ir)